

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

 В.М. Иевлев  
*подпись, расшифровка подписи*

16.05.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.17 Кристаллохимия**

- 1. Код и наименование специальности:** 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия
- 2. Специализация:** Фундаментальная химия в профессиональном образовании
- 3. Квалификация выпускника:** Химик. Преподаватель химии
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Шаров Михаил Константинович, кандидат химических наук, доцент
- 7. Рекомендована:** Научно-методический совет химического факультета  
протокол № 10-03 от 27.03.2025

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2025-2026

**Семестр(ы):** 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Изучение зависимости пространственного строения веществ, их физико-химических свойств в зависимости от типа химической связи, которая реализуется между структурными единицами вещества. В основу положены свойство симметрии и Периодический закон как основа химической систематики. Рассматривается классификация структурных типов и особенностей пространственного строения простых веществ, а также бинарных и сложных химических соединений. Изучаются особенности стереохимии комплексных соединений и металлоорганических соединений. Серьезное внимание уделяется стереохимии и кристаллохимии наиболее перспективных функциональных материалов. Уделяется внимание изучению путей развития структурной химии, проблеме получения новых неорганических веществ с заранее заданными свойствами (полупроводники, ферриты, неорганические полимеры, жидкие кристаллы, нанотрубки, наноструктуры и т.п.).

#### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Блок 1, обязательная часть. Для успешного освоения данной дисциплины, студент должен предварительно изучить следующие дисциплины: Неорганическая химия. Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин: Строение вещества; Структурный анализ и дифракционные методы исследования; Квантовая механика и квантовая химия.

#### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код   | Название компетенции                                                                                   | Код(ы)  | Индикатор(ы)                                                                                                                                                           | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 | Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений. | ОПК-1.1 | Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.                    | <p>Знать: Теоретические основы проведения измерений структуры и свойств кристаллов.</p> <p>Уметь: Делать обоснованный выбор наиболее оптимальных методов измерений свойств кристаллических веществ.</p> <p>Владеть: Методами анализа результатов экспериментов, измерений, количественной оценки качества измерений свойств кристаллических веществ.</p>                                                                                                                                                                                                                                        |
|       |                                                                                                        | ОПК-1.2 | Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии | <p>Знать: Законы химии, физики, кристаллографии и кристаллохимии, необходимые для интерпретации собственных экспериментов при исследовании кристаллических веществ.</p> <p>Уметь: Делать обоснованный выбор различного аналитического оборудования для исследования свойств кристаллических веществ. Применять математические методы для интерпретации экспериментов.</p> <p>Владеть: Практическими навыками подготовки образцов кристаллических веществ, для проведения измерений. Навыками работы на аналитическом оборудовании, необходимом исследования свойств и структуры кристаллов.</p> |

|       |                                                                                                                                                              |          |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 | Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники. | ОПК-1.3  | Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности . | <p>Знать: Нормативно-методические требования к оформлению научных отчетов.</p> <p>Уметь: Обосновывать собственные заключения и выводы на основе фундаментальных законов химии, физики, кристаллографии, кристаллохимии, а также на основе ранее проведенных исследований и литературных источников.</p> <p>Владеть: Навыками поиска и обработки источников научной информации в виде печатных изданий и информационных ресурсов сети интернет.</p> |
|       |                                                                                                                                                              | ОПК-3.1  | Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности .                                                                      | <p>Знать: Математические модели, используемые при решении типовых задач кристаллографии, кристаллохимии и структурного анализа.</p> <p>Уметь: Интерпретировать результаты моделирования структуры и свойств кристаллов.</p> <p>Владеть: Навыками математического моделирования структуры и свойств кристаллов.</p>                                                                                                                                 |
|       |                                                                                                                                                              | ОПК-3.2. | Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности                                                                           | <p>Знать: Назначение и возможности стандартных программных комплексов для обработки дифрактометрических измерений кристаллов.</p> <p>Уметь: Использовать программное обеспечение, для обработки результатов анализа структуры кристаллов.</p> <p>Владеть: Навыками работы с программными системами для обработки дифрактометрических измерений структуры кристаллов.</p>                                                                           |

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108

**Форма промежуточной аттестации – зачет**

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы |              | Трудоемкость |                 |                 |     |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----|
|                    |              | Всего        | По семестрам    |                 |     |
|                    |              |              | № семестра<br>1 | № семестра<br>2 | ... |
| Контактная работа  |              | 50           |                 | 50              |     |
| в том числе:       | лекции       | 16           |                 | 16              |     |
|                    | практические |              |                 |                 |     |

|                          |                 |     |  |     |  |
|--------------------------|-----------------|-----|--|-----|--|
|                          | лабораторные    | 34  |  | 34  |  |
|                          | курсовая работа |     |  |     |  |
|                          |                 |     |  |     |  |
| Самостоятельная работа   |                 | 58  |  | 58  |  |
| Промежуточная аттестация |                 |     |  |     |  |
| Итого:                   |                 | 108 |  | 108 |  |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п                            | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *                                                |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b>               |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |
| 1.1                            | Основы кристаллографии          | Элементы симметрии континуума. Категории и сингонии кристаллов. Стереографические проекции граней кристаллов. Точечные группы симметрии кристаллов. Простые и сложные формы кристаллических многогранников. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии димконтинуума. Плоские сетки и пространственные решетки Бравэ. Пространственные группы симметрии кристаллов. Систематика точечных и пространственных групп симметрии кристаллов Шенфлиса и Германа-Могена (Международная система). Прямая и обратная решетки. Строение квазикристаллов. | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507</a> |
| 1.2                            | Основы кристаллохимии           | Структурные типы простых веществ, а также бинарных и тройных соединений. Системы атомных и ионных радиусов. Взаимосвязь типа химической связи и кристаллической структуры. Дефекты в кристаллах и их влияние на физико-химические свойства. Структура неорганических полимеров, жидких кристаллов, фуллеренов, нанотрубок. Основные положения стереохимии и кристаллохимии органических соединений. Особенности физико-химических свойств квазикристаллов. Основы дифрактометрического анализа структуры кристаллов.                            | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507</a> |
| <b>2. Практические занятия</b> |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |
| 1.1                            | Основы кристаллографии          | Вывод точечных групп симметрии и соответствующих групповых множеств операций симметрии кристаллов на основе генераторов групп и теорем о сочетании элементов симметрии. Построение простых и сложных форм кристаллов, а также их стереографических проекций на основе точечных групп симметрии. Вывод некоторых пространственных групп симметрии.                                                                                                                                                                                               | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507</a> |
| 1.2                            | Основы кристаллохимии           | Описание структур металлов и простых полупроводниковых веществ. Описание структур сфалерита, вюртцита, флюорита, антифлюорита, каменной соли, шпинели. Анализ влияния точечных дефектов на физико-химических свойства кристаллов с учетом особенностей области гомогенности бинарных соединений и твердых растворов. Расчет структуры кристаллов по результатам дифрактометрического анализа.                                                                                                                                                   | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) |              |              |                        |       |
|-------|----------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|       |                                        | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1.1   | Основы кристаллографии                 | 10                   |              | 20           | 40                     | 70    |
| 1.2   | Основы кристаллохимии                  | 6                    |              | 14           | 18                     | 38    |

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины, необходимо

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- подготовка рефератов с целью более детального изучения вопросов, рассматриваемых на лекциях;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса.

ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507>

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Косенко Н.Ф. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Косенко Н.Ф. - Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2017. — Москва : Ивановский ГХТУ, 2017. — 240 с.<br>— <URL: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_038.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_038.html</a> >.                                                                                                                                                                                     |
| 2     | Басалаев Ю. М. Кристаллофизика и кристаллохимия : учебное пособие / Ю.М. Басалаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет» .— Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014 .— 403 с.<br>— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304</a> >. |
| 3     | Пугачев, В. М. Кристаллохимия : учебное пособие / В.М. Пугачев .— Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013 .— 104 с.<br>— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232461">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232461</a> >.                                                                                                                                                                                                                               |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4     | Шаскольская М.П. Кристаллография. / М.П. Шаскольская - М. : Высш. шк., 1984. - 376 с.                                                   |
| 5     | Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия / Ю.К. Егоров-Тисменко - М. : КДУ, 2010. - 588 с.                                 |
| 6     | Чупрунов Е. В. Основы кристаллографии: учеб. для вузов. / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. - М. : Физматлит, 2006. - 500 с. |
| 7     |                                                                                                                                         |
| 8     | Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. / Б.Ф. Ормонт. - М. : Высш. шк., 1982. - 528 с.               |
| 9     | Современная кристаллография / под. ред. Б.К. Вайнштейна: в 4-х т. - М. : Наука, 1979.                                                   |
| 10    | Методы исследования атомной и структуры и субструктуры материалов / В.М. Иевлев [и др.]                                                 |

|    |                                                                                                                                                   |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | – Воронеж : Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003. – 484 с.                                                                                              |
| 11 | Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. - М. : Металлургия, 1970. - 368 с. |
| 12 | Козлова О.Г. Рост и морфология кристаллов. / О.Г. Козлова. - М. : Изд-во МГУ, 1980. - 357 с.                                                      |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13    | <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – научная электронная библиотека.                                                                                                                                             |
| 14    | <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ.                                                                                                                                             |
| 15    | <a href="http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1163834&amp;uri=index.htm">http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1163834&amp;uri=index.htm</a><br>Электронный учебник по теории симметрии кристаллов. Авторы: Ю.К.Егоров-Тисменко, Г.П.Литвинская. |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Шаров М.К. Точечные группы симметрии кристаллов / М.К. Шаров, А.М. Самойлов, Б.М. Даринский, В.Ф. Кострюков // Учебное пособие для вузов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 38 с. |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9507>

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук, мультимедийный проектор, экран, модели кристаллических структур

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п                                                        | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции                 | Оценочные средства                       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1.                                                           | Основы кристаллографии                   | ОПК-1<br>ОПК-3 | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-3.1<br>ОПК-3.2 | Контрольная работа<br>Контрольная работа |
| 2.                                                           | Основы кристаллохимии                    | ОПК-1<br>ОПК-3 | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-3.1<br>ОПК-3.2 | Контрольная работа                       |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачет с оценкой |                                          |                |                                                     | Перечень вопросов                        |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Контрольная работа.

- Докажите, что представленные ниже множества операций симметрии образуют группы:
  - $\{e, 2_1^1, 2_2^1, 2_3^1, 3^1, 3^2\}$
  - $\{e, m_1, m_2, m_3, 3^1, 3^2\}$ .
- Найти подгруппы в следующих групповых множествах точечных групп симметрии:
  - $\{e, 2_1^1, 2_2^1, 2_3^1, m_1, m_2, m_3, \bar{1}\}$
  - $\{e, 2_1^1, 2_2^1, 2_3^1, 3_1^1, 3_1^2, 3_2^1, 3_2^2, 3_3^1, 3_3^2, 3_4^1, 3_4^2\}$ .
- Составьте квадраты Кэли для следующих точечных групп симметрии:
  - $C_{3v}$
  - $C_{3h}$ .
- Получите групповые множества следующих точечных групп симметрии, используя их генераторы:
  - $C_{4h}$
  - $C_{4v}$ .
- Обоснуйте с помощью различных теорем возникновение операций инверсии и зеркальных поворотов в следующих точечных группах симметрии:
  - $C_{6h}$
  - $O_h$ .
- Постройте проекцию граней и укажите их индексы Миллера для следующих кристаллических многогранников: а) тетрагональный тетраэдр, б) ромбоэдр, в) тригонритетраэдр, г) пирамидальный куб, д) ромбододекаэдр.
- Какие простые формы кристаллических многогранников реализуются только как общие, или только как частные? Почему?
- В каких некубических и кубических точечных группах возникают энантиоморфные кристаллические многогранники? Назовите эти многогранники?
- Почему в четных группах  $D_n$  при равнонаклонном расположении грани к двум осям 2-го порядка простая форма остается общей?
- Почему в частных положениях число точек в правильной системе и число граней в простой форме меньше, чем порядок соответствующей точечной группы? Приведите примеры.
- При растворении олова в PbTe образуются точечные дефекты типа  $Sn_{Pb}$ . Рассчитать с помощью правила Вегарда величину периода решетки и плотность твердого раствора  $Pb_{0.60}Sn_{0.40}Te$ , если период решетки PbTe равен 0.6462 нм, а период решетки SnTe равен 0.63 нм.
- Углерод образует твердый раствор внедрения в ГЦК-железе (аустенит). Найти долю занятых углеродом междоузлий, если растворимость углерода составляет 2.14 масс. %.
- Параметры тетрагональной ячейки мартенсита зависят от содержания углерода по уравнению:  $c/a = 1 + 0.046 \cdot C$ , где C - содержание углерода в массовых процентах. Определить параметры решетки мартенсита при максимальной растворимости углерода 2.14 масс. %. Период решетки первичного аустенита считать равным 0.363 нм.
- Найти период решетки твердого раствора  $PbTe_{1-x}Cl_x$  (где  $x = 0.005$ ), если ионные радиусы имеют следующие величины  $R(Te^{2-}) = 0.211$  нм,  $R(Cl^-) = 0.181$  нм,  $R(Pb^{2+}) = 0.112$  нм. Полагать, что хлор образует твердый раствор замещения.
- При растворении серебра в сульфиде олова образуются точечные дефекты типа  $Ag_{Sn}$ . Как будет меняться соотношение интенсивностей рефлексов  $I_{111} / I_{200}$  (уменьшаться или увеличиваться) с

ростом содержания серебра? Ответ обоснуйте с помощью анализа структурного фактора интенсивностей рентгеновских рефлексов твердого раствора.

### Описание технологии проведения.

Контрольные работы проходят в письменной форме. Время выполнения контрольной работы – 2 часа.

### Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания).

Контрольная работа оценивается по количеству выполненных заданий, правильности и полноты выполнения каждого задания.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в два этапа. Первый этап – выполнение заданий из раздела 20.3 – 6 заданий закрытого типа, 4 задания открытого типа. Если обучающийся набрал 10 баллов, то первый этап считается пройденным и обучающийся отвечает на КИМ, состоящий из 2 вопросов из следующего списка:

1. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $S_n$ . Показать соответствующие групповые множества.
2. Решетки Бравэ триклинной сингонии.
3. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $S_n$ . Показать соответствующие групповые множества.
4. Решетки Бравэ моноклинной сингонии.
5. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $S_{nh}$ . Показать соответствующие групповые множества.
6. Решетки Бравэ ромбической сингонии.
7. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $S_{nv}$ . Показать соответствующие групповые множества.
8. Решетки Бравэ тригональной сингонии.
9. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $D_n$ . Показать соответствующие групповые множества.
10. Решетки Бравэ тетрагональной сингонии.
11. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $D_{nd}$ . Показать соответствующие групповые множества.
12. Решетки Бравэ гексагональной сингонии.
13. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекции элементов симметрии точечных групп  $D_{nh}$ . Показать соответствующие групповые множества.
14. Решетки Бравэ кубической сингонии.
15. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекцию элементов симметрии точечной группы  $T$ . Показать ее групповое множество.
16. Влияние типа химической связи на структуру кристаллов.
17. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекцию элементов симметрии точечной группы  $T_h$ . Показать ее групповое множество.
18. Кристаллические структуры бинарных соединений типа АВ.
19. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекцию элементов симметрии точечной группы  $T_d$ . Показать ее групповое множество.
20. Кристаллические структуры бинарных соединений типа  $A_2B$ .
21. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекцию элементов симметрии точечной группы  $O$ . Показать ее групповое множество.
22. Кристаллические структуры бинарных соединений типа  $AB_2$ .
23. Построить стереографические проекции общей и частных простых форм, а также проекцию элементов симметрии точечной группы  $O_h$ . Показать ее групповое множество.
24. Полиморфизм и изоморфизм.
25. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Примеры.
26. Типы точечных дефектов. Разупорядочение по Шоттки и Френкелю.
27. Теоремы о сочетании элементов симметрии.
28. Точечные дефекты при отклонении от стехиометрии.
29. Индексы Миллера атомных плоскостей и граней кристаллов.
30. Точечные дефекты при легировании и их влияние на свойства кристаллов.
31. Анизотропия кристаллов. Эквипотенциальные поверхности физических процессов на примере теплопроводности в кристаллах различных категорий.

32. Категории, сингонии и классы кристаллов.
33. Структурные типы алмаза и сфалерита.
34. Структурные типы NaCl, CsCl и шпинели
35. Взаимосвязь понятий – точечная группа, правильная система точек и простые формы кристаллических многогранников. Примеры.
36. Донорные и акцепторные точечные дефекты. Примеры.
37. Простые и сложные формы кристаллических многогранников как орбиты точечных групп симметрии. Примеры.
38. Систематика классов симметрии кристаллов Шенфлиса и Германа-Могена (Международная система).
39. Систематика пространственных групп симметрии кристаллов Шенфлиса и Германа-Могена (Международная система).
40. Понятие о прямой и обратной решетке.
41. Системы атомных и ионных радиусов.
42. Структуры неорганических полимеров.
43. Структуры жидких кристаллов.
44. Структуры фуллеренов и нанотрубок.
45. Квазипериодические кристаллы. Особенности их свойств. Примеры.

Описание технологии проведения 2 этапа.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 45 минут.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

|                     |                                                                                                                                                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично             | Полный ответ на вопросы КИМ. Демонстрация навыков полученных знаний. Исчерпывающий ответ на дополнительные вопросы по тематике, не связанной с основными вопросами.         |
| хорошо              | Недостаточно полный ответ на вопросы КИМ, при понимании основных положений теории и умении их использовать. Допускаются незначительные ошибки, исправленные самостоятельно. |
| удовлетворительно   | Недостаточно полный ответ на вопросы КИМ. Демонстрация знаний только основных понятий без углубления в детализацию.                                                         |
| неудовлетворительно | Нет ответа более чем на 50% учебного материала.                                                                                                                             |

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень, может быть, конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

## ОПК 1

Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

### Перечень заданий для оценки сформированности компетенции:

**Закрытые.** Выберите один правильный ответ из четырех предложенных.

1. Все вещества в природе находятся в следующих агрегатных состояниях:

- а) жидкое и твердое;
- б) газообразное и твердое;
- в) газообразное, жидкое и твердое;
- г) газообразное, жидкое, твердое и плазма.

Ответ: г).

2. Все жидкости могут принимать форму сосуда, в котором они находятся. Это обусловлено тем, что:

- а) в жидкостях присутствует ближний порядок;
- б) молекулы жидкостей находятся в непрерывном хаотическом поступательном движении;
- в) расстояния между молекулами в жидкостях гораздо меньше, чем в газах;
- г) в жидкостях отсутствует дальний порядок.

Ответ: б).

3. Какая точечная группа соответствует данной формуле симметрии  $L_4L_25PC$  ?

- а)  $D_{4h}$
- б)  $C_{3v}$
- в)  $O_h$
- г)  $D_{2d}$

Ответ: а).

4. А) Отличительной особенностью *твердых кристаллических* тел является наличие в них трансляционной симметрии и дальнего порядка.

Б) Отличительной особенностью *твердых аморфных* тел является наличие в них трансляционной симметрии и дальнего порядка.

- а) утверждение А является верным;
- б) утверждение Б является верным;
- в) оба утверждения являются верными;
- г) оба утверждения являются неверными.

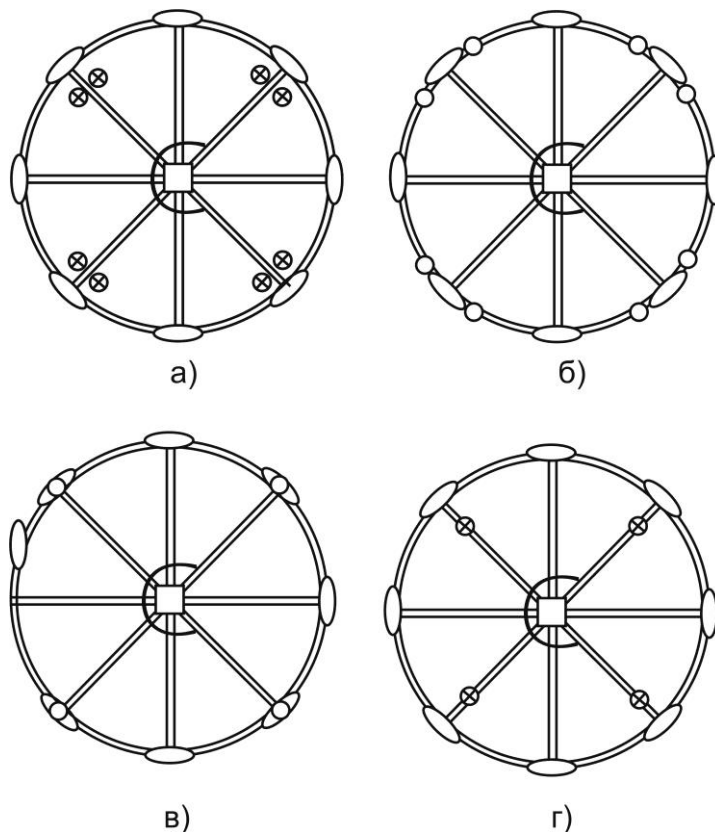
Ответ: а).

5. Какие элементы симметрии могут присутствовать *только* в пространственных решетках, но отсутствуют в кристаллических многогранниках?

- а) центр симметрии и зеркально-поворотные оси;
- б) центр симметрии и инверсионно-поворотные оси;
- в) плоскости скользящего отражения и винтовые оси;
- г) плоскости зеркального отражения и поворотные оси симметрии.

Ответ: в)

6. Гномостереографическая проекция тетрагональной бипирамиды показана на рисунке\_\_\_\_\_



Ответ: г).

### Открытые

1. Вставить пропущенное слово:

\_\_\_\_\_ это твердые тела, обладающие упорядоченной трехмерно-периодической пространственной атомной, ионной или молекулярной структурой и вследствие этого при определенных условиях образования способные иметь форму правильных многогранников.

Ответ: Кристаллы.

2. В каком из четырех агрегатных состояний вещества могут обладать анизотропией физических свойств?

Ответ: В твердом (кристаллическом) состоянии.

3. Кристаллы какой сингонии обладают *наименьшей* анизотропией свойств?

Ответ: кубической сингонии.

4. Какая простая форма кристаллических многогранников обладает наибольшим числом граней?

Ответ: Гексаоктаэдр

### ОПК 3

Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники

### Перечень заданий для оценки сформированности компетенции:

**Закрытые.** Выберите один правильный ответ из четырех предложенных.

1. К *средней* категории относятся кристаллы следующих сингоний:

- а) моноклинной, тригональной, тетрагональной;
- б) триклинной, тригональной, тетрагональной;
- в) тригональной, тетрагональной, гексагональной;
- г) триклинной, тригональной, гексагональной.

Ответ: в).

2. Полному набору элементов симметрии тетрагональной бипирамиды соответствует следующая формула симметрии Браве:

- а)  $L_4PC$ ;
- б)  $L_44P$ ;
- в)  $L_44L_25PC$ ;
- г)  $L_44L_2$ .

Ответ: в).

3. К какому семейству классов симметрии относится следующая формула симметрии  $L_66P$ ?

- а) к примитивным;
- б) к аксиальным;
- в) к центральным;
- г) к планальным.

Ответ: г).

4. А) Для кристаллов высшей категории (кубической сингонии) характерны *открытые и закрытые* простые формы.

Б) Для кристаллов высшей категории (кубической сингонии) характерны только *закрытые* простые формы.

- а) утверждение А является верным;
- б) утверждение Б является верным;
- в) оба утверждения являются верными;
- г) оба утверждения являются неверными.

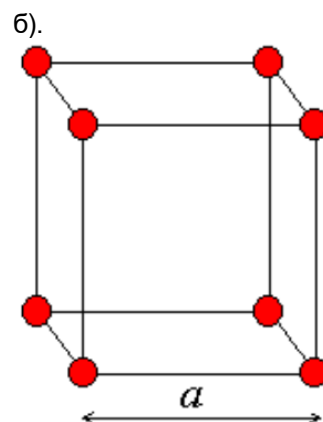
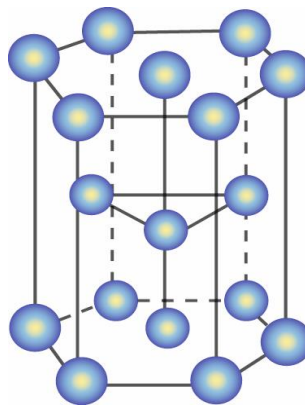
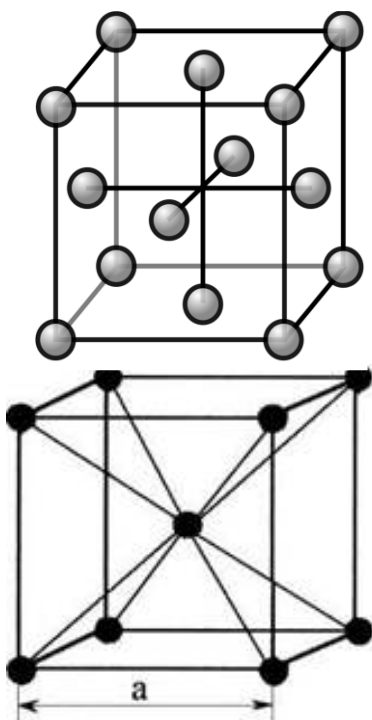
Ответ: б).

5. Имеется четная поворотная ось, перпендикулярно к которой проходит плоскость симметрии, при этом возникает:

- а) ось второго порядка;
- б) центр симметрии;
- в) плоскость симметрии;
- г) инверсионная ось;

Ответ: б).

6. Элементарная ячейка ОЦК решетки представлена на рисунке \_\_\_\_.



Ответ: в).

**Открытые**

1. Вставить пропущенное число.

Все многообразие симметрии внешней формы молекул и кристаллических многогранников можно описать с помощью \_\_\_\_\_ классов (точечных групп) симметрии.

Ответ: 32.

2. Вставить пропущенное число.

Все многообразие кристаллических структур можно описать с помощью \_\_\_\_\_ пространственных решеток Браве.

Ответ: 14.

3. Чему равно координационное число у атомов цезия в CsCl?

Ответ: 8.

4. В какой сингонии реализуются все четыре вида элементарных ячеек Браве (примитивная, базоцентрированная, объёмно-центрированная, гранецентрированная) ?

Ответ: в ромбической (орторомбической) сингонии.

### **Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

#### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

#### 3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

**Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**